

引用格式:王风云,丛龙园. 基于灰色模型的可再生能源电价补贴收支平衡[J]. 资源科学, 2021, 43(9): 1743-1751. [Wang F Y, Cong L Y. Revenue and expenditure balance of renewable energy electricity price subsidies based on grey model[J]. Resources Science, 2021, 43(9): 1743-1751.] DOI: 10.18402/resci.2021.09.03

基于灰色模型的可再生能源电价补贴收支平衡

王风云,丛龙园

(北京石油化工学院经济管理学院,北京 102617)

摘要:庞大的电价累计补贴缺口对可再生能源行业和财政支出造成巨大压力,研究中国可再生能源电价补贴收支平衡问题对其可持续发展具有重要现实意义。在电价补贴退出背景下,本文以风电、光伏发电、生物质能发电3类可再生能源为研究对象,利用灰色模型GM(1, 1)预测第二、三产业用电量和城乡居民用电量,核算可再生能源电价理论补贴和可再生能源电价附加收入,分析电价补贴收支平衡情况。结果表明:①2025年可完成电价累计补贴缺口的偿还,可再生能源电价补贴达到收支平衡,并有253.47亿元的补贴盈余,之后电价补贴盈余不断增大;②从2026年开始逐步下调电价附加征收标准,2026—2030年可每年下调电价附加征收标准0.002元/kW·h,2031—2038年每年下调电价附加征收标准0.001元/kW·h,直至2039年取消电价附加征收;③中国可再生能源电价附加收入漏出严重,征收率低,应尽快提升征收率直至足额征收,促进电价补贴提前实现收支平衡。最后,从调整电价附加征收标准、提高电价附加收入征收率、募集补贴资金等方面提出促进可再生能源行业高质量发展的对策建议。

关键词:可再生能源;电价补贴;电价附加收入;补贴收支平衡;灰色模型

DOI :10.18402/resci.2021.09.03

1 引言

2006年以来中国政府实施了一系列可再生能源支持政策,尤其是电价补贴政策极大地促进了可再生能源的发展。中国可再生能源发电装机容量从2006年的1.35亿kW增加到2020年的9.35亿kW,年均增长率达16.05%。随着可再生能源发电规模不断扩大,电价补贴政策的负面影响逐渐凸显,突出表现在补贴发放拖欠、补贴资金缺口增大、补贴效率低等。虽然中国可再生能源电价附加征收标准在2016年提高到0.019元/kW·h,但是可再生能源发电量的快速上升使得电价附加收入仍然无法弥补电价补贴资金缺口,2019年可再生能源累计补贴缺口总额高达3000亿元。为了更好地促进可再生能源行业发展,缓解财政补贴压力,2019年以来国家发展改革委、国家能源局等联合发布《关于促进非水可再生能源发电健康发展的若干意见》

《可再生能源电价附加补助资金管理办法》等政策,规定从2021年开始取消新增可再生能源项目的电价补贴,并要求以可再生能源电价附加收入决定电价补贴支出金额。中国可再生能源平价上网时代已经来临,可再生能源行业面临取消电价补贴依赖,实现自我发展的巨大挑战。在此背景下,研究电价补贴将如何变动,可再生能源电价补贴何时达到收支平衡,以及电价补贴的收入和支出政策如何调整等问题,对促进中国可再生能源行业高质量发展具有重要现实意义。本文将探究在叠加可再生能源平价项目上网后,中国电价附加收入和电价理论补贴变动趋势,分析可再生能源电价补贴收支平衡及变动问题。

2 文献综述

可再生能源价格机制有效地促进了可再生能源电力发展,国内外学者对可再生能源电价机制及

收稿日期:2020-11-04;修订日期:2021-05-10

基金项目:国家社会科学基金项目(17BJY057)。

作者简介:王风云,女,福建福清人,教授,研究方向为能源经济管理、清洁能源协同发展。E-mail: wangfengyun@bjpt.edu.cn

其影响,以及相关政策类型和政策组合效应等展开了深入分析,取得丰硕的学术成果,相关研究主要体现在以下三方面。

2.1 可再生能源价格机制及影响效应

可再生能源的价格机制主要有固定电价、招标电价、配额制和绿色电力证书等,其中固定电价政策应用最为普遍。学者们深入研究了不同资源区标杆上网电价对中国风电和光伏发电的影响。Du等^[1]利用空间断点回归,研究发现采用差异化的标杆上网电价对风电和光伏发电的利用小时数、发电量和装机容量具有促进作用。赵彦云等^[2]通过多水平模型研究得出风电上网电价政策产生了显著的产业效应,实施情况较好,但是上网电价政策对不同资源区风电产业发展的影响程度不同。一些学者对固定电价政策、配额制和绿色电力证书的政策效果进行了对比分析。郭炜煜等^[3]和吴力波等^[4]构建寡头垄断市场下燃煤电厂和可再生能源电厂的利润模型,研究固定电价政策和配额制对电力市场的影响,发现两种政策都增加可再生能源发电总量,但是吴力波等^[4]认为相较于配额制,固定电价政策对可再生能源发电总量的增长效应更大,郭炜煜等^[3]认为配额制提高社会福利而固定电价政策减少社会福利。黄涛珍等^[5]运用演化博弈论分析了中央、地方政府对电网企业的配额监管效果,为提高配额制政策执行有效性提出了建议,认为地方政府通过增加惩罚力度可以保证电网企业完成可再生能源配额目标;而中央政府应适当增加对地方政府的激励,激励性指标设定在33%~47%时,激励作用最为显著。还有学者认为多种价格机制组合有利于可再生能源电力的发展。余杨等^[6]利用平准化电价模型和价差法,发现实施绿色电力证书可以减轻发电企业在固定电价政策下的财税负担。Zhang等^[7]探究固定电价、配额制和绿色电力证书3种政策的实施效果,结果表明配额制和绿色电力证书政策会降低电力行业利润,应作为固定电价的补充政策。Zhao等^[8]构建碳税政策与配额制、固定电价政策重叠管制下的电力市场均衡模型,实证分析表明价格机制的重叠执行有助于提高可再生能源发电量在电力市场中的比重,优化供电结构。

2.2 可再生能源电价补贴机制及其影响

学者们研究认为可再生能源电价补贴对经

济^[9,10]、环境^[11]及其产业发展^[12-14]具有积极的促进作用。Gelan^[9]和严静等^[10]基于一般均衡(CGE)模型研究发现可再生能源补贴对宏观经济产生正向影响,其中Gelan^[9]发现当科威特电价补贴减少30%时,当地的生产总值下降0.46%。徐晓亮等^[11]使用动态CGE模型研究发现可再生能源补贴可以降低污染物和雾霾排放增速。Nicolini等^[12]利用2000—2010年面板数据进行回归分析,研究发现法国、德国、意大利、英国和西班牙五国的货币激励政策在短期和长期都增加了可再生能源发电量,其中1.0%的货币激励增加了0.4%~1.0%可再生能源发电量。Wang等^[13]通过调查问卷分析认为中国补贴政策能够提高城市和农村消费者购买光伏产品的意愿,且对农村居民购买意愿的影响作用大于城市居民。Lin等^[14]运用数据包络分析和Tobit回归模型研究发现政府补贴对光伏产业创新效率具有显著支持作用。有学者认为虽然可再生能源电价补贴可以促进其发展,但是需要更多的财政支出^[15]。中国可再生能源发电的高补贴驱动其高速发展,引发可再生能源发电补贴缺口快速扩大、“弃风弃光”比例不断上升^[16]。黄琨仪^[17]对比了中国与英、美、德的可再生能源电价补贴政策,指出中国电价补贴面临着补贴数额大幅度增加、补贴征收资金与实际需求之间缺口增大等问题。程承等^[18]应用实物期权方法,评估中国上网电价政策、价格补贴政策和成本补偿政策的实施效果,发现3种政策均可提高投资者的积极性,但存在过度激励的问题。Tang等^[19]研究发现在经济发展水平高的地区补贴政策对分布式光伏发电装机容量具有积极影响,但在贫困地区过高补贴不仅不能提高分布式光伏发电的安装数量,还会导致财政赤字。

2.3 可再生能源电价补贴效率

长期来看,可再生能源电价补贴效率在下降。王风云^[20]研究认为可再生能源的度电补贴额、上网电量、发电规模对其补贴效率影响显著,风电、光伏发电在不同发展阶段补贴效率呈现周期性变化特点,对不同种类可再生能源应动态调整上网电价政策和产业引导政策,促使可再生能源逐步摆脱对电价补贴的依赖。Jia等^[21]认为对分布式光伏发电系统的补贴应当考虑不同地区太阳能资源条件、电力需求和经济发展水平等因素,固定电价补贴与光伏

2021年9月

发电成本下降不一致引起补贴效率下降,不同地区光伏发电系统的经济效益差异大。王思聪^[22]分析了电价补贴退坡政策对光伏发电的影响,认为补贴退出有助于减少光伏发电企业对政府补贴的黏性,提升光伏企业活力。

综上所述,有关可再生能源定价机制的相关研究成果主要集中在不同价格机制及其政策效果的对比^[3,4]、价格机制组合对可再生能源产业发展的影响^[8]、可再生能源电价补贴政策的经济效应和环境效应^[9-11]上。在可再生能源电价补贴政策的激励下中国可再生能源曾高速发展,但从目前电价补贴政策执行效果来看,过度补贴和补贴缺口等问题^[17,18]导致可再生能源电价补贴效率显著下降^[20,21],电价补贴政策已经不能满足中国可再生能源中长期发展。因此,急需研究电价补贴的收支平衡和电价补贴风险问题。目前为止,学术界有关电价补贴退出情况下可再生能源电价补贴的收支平衡和变动问题研究很少。本文通过灰色模型测算承担可再生能源电价附加收入的社会用电量,核算平价上网后的可再生能源电价理论补贴和可再生能源电价附加收入,分析电价补贴收支平衡点及其变动问题。基于此,本文提出可再生能源电价补贴的收入和支出的调整策略,以促进可再生能源行业的持续发展,推进中国能源结构绿色转型。

3 数据来源与研究方法

3.1 数据来源

在可再生能源中,中国上网电价补贴的主要对象是风电、光伏发电和生物质能发电。本文研究这3类可再生能源的电价理论补贴和电价附加收入:基于2016—2020年第二、三产业用电量和城乡居民用电量数据,预测2021—2030年的社会用电量;然后,核算可再生能源电价理论补贴和电价附加收入。以上数据主要来源于2017—2020年《中国电力行业年度发展报告》、中电联《2020年全国电力工业统计快报》《中国能源统计年鉴》、国家能源局《全国电力工业统计数据》。

3.2 研究方法

3.2.1 预测模型的选择

有关可再生能源发电及其补贴的研究方法,学者们大多采用价差法^[23]、灰色预测^[10]和情景分析^[24]等方法,其中比较常用的是价差法。但是价差法适

用于核算最终消费价格的补贴,而可再生能源发电属于生产端,价差法不适合用于生产端的预测。严静等^[12]比较了价差法、灰色预测等方法,认为灰色预测方法适用于可再生能源发电及其补贴测算。灰色模型通过与已知的原始数据进行关联来分析和寻找系统变动规律,可以有效地解决小样本、贫信息的不确定性问题。中国可再生能源发展的数据期限相对较短,历史数据相对贫乏,适用于灰色模型。

灰色模型GM(1,1)是单序列的一阶线性动态模型,其建模过程如下:

设有数列:

$$x^{(0)} = \{x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)\} \quad (1)$$

对 $x^{(0)}$ 作累加生成新的数列:

$$x^{(1)} = \{x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n)\} \quad (2)$$

$$\text{其中 } x^{(1)}(k) = \sum_{m=1}^k x^{(0)}(m), \quad k=1, 2, 3, \dots, n。$$

式中: m 为起始值; k 为终止值。

设 $z^{(1)}$ 为 $x^{(1)}$ 的均值序列为:

$$z^{(1)} = \{z^{(1)}(2), z^{(1)}(3), \dots, z^{(1)}(n)\} \quad (3)$$

$$\text{其中 } z^{(1)}(k) = \frac{1}{2}[x^{(1)}(k) + x^{(1)}(k-1)], \quad k=2, 3, \dots, n。$$

一般地,随机非负序列经过多次累加后,采用指数曲线逼近。对数列 $x^{(1)}$ 可建立相应的微分方程:

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} + \alpha x^{(1)} = b \quad (4)$$

式中: α, b 为待估计参数,分别称为发展系数和灰作用量。

记 $\hat{\alpha}$ 为待估计参数向量, $\hat{\alpha} = \begin{bmatrix} \alpha \\ b \end{bmatrix}$

$$\text{构造数据向量: } B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$y_N = [x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(n)]^T \quad (6)$$

按最小二乘法可得: $\hat{\alpha} = (B^T B)^{-1} B^T y_N$ (7)

根据式(5)、(6)、(7)可求得 $\hat{\alpha}$, 将 $\hat{\alpha}$ 代入式(4),解得微分方程:

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{\alpha}\right)e^{-\alpha k} + \frac{b}{\alpha} \quad (8)$$

原始数列的还原预测公式为:

$$\hat{x}^{(0)}(k+1)=\hat{x}^{(1)}(k+1)-\hat{x}^{(1)}(k), k=1, 2, 3, \dots, n \quad (9)$$

3.2.2 灰色预测精确度检验

为了确保预测值的准确性,本文采用残差检验法、后验差检验法和级比偏差检验法对灰色模型进行精确度检验,通过这3种方法分别对第二、三产业用电量和城乡居民用电量预测值进行精确度检验。

首先,对预测数据进行残差检验。由表1可知,2016—2020年中国第二、三产业用电量和城乡居民用电量预测值的相对误差绝对值分别小于等于0.76%、6.24%、1.90%;三者平均相对误差绝对值分别为0.49%、3.70%、0.83%;建模精度分别为99.51%、96.25%、99.17%,均大于90%。以上检验结果表明,模型精确度满足要求,通过残差检验。

其次,对预测数据进行后验差检验。均方差比值 C 和小误差概率 P 是后验差检验中的重要指标,对于灰色模型而言,均方差比值 C 越小越好,而小误差概率 P 越大越好。灰色模型GM(1,1)的预测精确度可以按表2进行等级划分。

后验差检验结果见表3所示。第二、三产业用

电量和城乡居民用电量的均方差比值 C 均小于0.35,小误差概率 P 均为1,表明模型等级为一级,预测精确度好,模型精确度满足要求,通过后验差检验。

最后,对预测数据进行级比偏差检验。一般要求级比偏差检验值的绝对值小于10%。表3中第二、三产业用电量和城乡居民用电量预测值的平均级比偏差绝对值均小于1%。所以,模型精确度满足要求,通过级比偏差检验。综上所述,灰色模型通过残差检验、后验差检验和级比偏差检验,且精确度满足要求,可作为预测模型。因此,本文运用灰色模型GM(1,1)预测分析可再生能源电价补贴收支平衡问题。

4 结果与分析

4.1 可再生能源电价理论补贴分析

根据2020年风电、光伏发电和生物质能发电量乘以相应的度电补贴额^①,计算3类可再生能源电价理论补贴。2020年可再生能源电价理论补贴总计为502亿元,计算结果如表4所示。

2006年中国建立可再生能源发展专项基金,确定可再生能源电价附加征收标准,开始对风电、光

表1 社会用电量残差检验结果(亿kW·h)

Table 1 Residual test results of secondary and tertiary industry and residential electricity consumptions (100 million kW·h)

年份	第二产业用电量			第三产业用电量			城乡居民用电量		
	原始数据	预测值	相对误差/%	原始数据	预测值	相对误差/%	原始数据	预测值	相对误差/%
2016	42108	42108	0.00	7961	7961	0.00	8054	8054	0.00
2017	44413	44737	0.73	8814	9364	6.24	8695	8827	1.52
2018	47235	46875	-0.76	10801	10313	-4.52	9685	9501	-1.90
2019	49362	49115	-0.50	11863	11359	-4.25	10250	10226	-0.23
2020	51215	51462	0.48	12087	12510	3.50	10949	11006	0.52

表2 精确度检验参照表

Table 2 Accuracy test reference table

模型精确度等级	均方差比值 C	小误差概率 P
1级(好)	$C \leq 0.35$	> 0.95
2级(合格)	$0.35 < C \leq 0.50$	> 0.80
3级(勉强)	$0.50 < C \leq 0.65$	> 0.70
4级(不合格)	$0.65 < C$	≤ 0.70

表3 变量的后验差检验结果和级比偏差检验结果

Table 3 Results of the posterior difference test and stage ratio deviation test of variables

检验指标	第二产业用电量	第三产业用电量	城乡居民用电量
后验差比 C	0.08	0.27	0.10
小误差概率 P	1.00	1.00	1.00
平均级比偏差绝对值/%	0.01	0.05	0.02

①风电、光伏发电和生物质能发电的度电补贴额为这3类可再生能源标杆电价与火电平均标杆电价差额。通过核算,2020年火电平均标杆电价为0.37元/kW·h,风电、光伏发电、生物质能发电的平均标杆电价分别为0.37元/kW·h、0.41元/kW·h、0.67元/kW·h,其度电补贴额分别为0元/kW·h、0.04元/kW·h、0.30元/kW·h。

2021年9月

表4 2020年可再生能源电价理论补贴计算(亿元)

Table 4 Theoretical subsidies of renewable energy electricity prices in 2020 (100 million yuan)

风电 发电量	风电 理论 补贴额	光伏 发电量	光伏发 电理论 补贴额	生物质能 发电量	生物质 能理论 补贴额	总补 贴额
4665	0	2605	104	1326	398	502

光伏发电和生物质能发电进行电价补贴。中国电价补贴执行期限为20年,第一批电价补贴在2025年完成,且从2021年开始取消新增可再生能源项目电价补贴。因此,2021—2025年可再生能源电价理论补贴保持不变,均为502亿元。2026年第一批可再生能源电价补贴到期退出,所以2026年可再生能源电价理论补贴等于2020年可再生能源发电量减去2006年可再生能源发电量,再乘以度电补贴额。依此类推可计算出2026—2039年的可再生能源电价理论补贴(图1)。中国可再生能源电价理论补贴从2026年开始下降,并且从2032年开始加速下降,直至2039年补贴完成。通过核算2020—2039年可再生能源电价理论补贴共计7932亿元。

4.2 可再生能源电价附加收入分析

4.2.1 电价附加收入征收率分析

中国可再生能源补贴资金来源于国家财政公共预算安排的专项资金和可再生能源电价附加收入,其中电价附加收入是补贴资金的主要来源,约占可再生能源补贴资金的80%。中国可再生能源

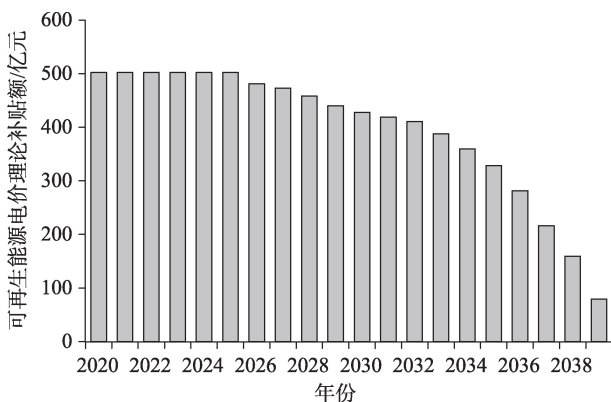


图1 2020—2039年可再生能源电价理论补贴变动情况

Figure 1 Variation of theoretical subsidies of renewable energy electricity price, 2020-2039

电价附加收入是以社会用电量,即第二、三产业用电量和城乡居民用电量为税基,分别乘以可再生能源电价附加征收标准并扣除新疆、西藏附加收入后予以征收。随着中国可再生能源电价补贴的不断增多,电价附加征收标准也在逐步提高。第二、三产业用电量的附加征收标准在2012—2020年共调整了3次,即2012年、2013年和2016年分别调整为0.008元/kW·h、0.015元/kW·h、0.019元/kW·h,城乡居民用电量附加征收标准为0.001元/kW·h,新疆、西藏的电价附加收入从可再生能源电价附加收入总额中以4%的比例扣除。本文根据2012—2020年社会用电量和可再生能源电价附加征收标准计算出可再生能源电价附加收入理论征收额^②。电价附加收入征收率等于可再生能源电价附加收入实际征收额^③与可再生能源电价附加收入理论征收额比值,计算结果见图2。

可再生能源电价附加征收标准由2012年的0.008元/kW·h提高到2013—2015年的0.015元/kW·h,由于可再生能源电价附加收入理论征收额增长幅度变大,可再生能源电价附加收入实际征收额增长相对稳定,因此造成2013年的电价附加收入征收率显著下降。从图2中可以看出,2012—2015年电价附加收入征收率波动较大。2016年可再生能源电价附加征收标准提高到0.019元/kW·h,征收率由

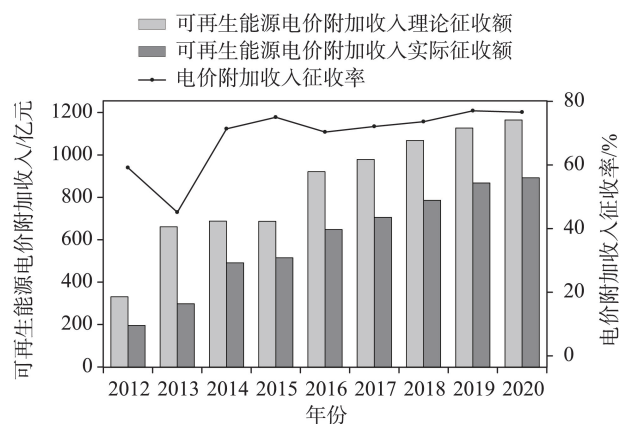


图2 2012—2020年可再生能源电价附加收入征收变动情况

Figure 2 Variation in the additional tariff income of renewable energy electricity price, 2012-2020

②可再生能源电价附加收入理论征收额=(第二、三产业合计用电量×可再生能源电价附加征收标准+城乡居民用电量×0.001)×(1-4%)。

③可再生能源电价附加收入实际征收额来源于2013—2021年中央政府性基金收入预算表中的可再生能源电价附加收入执行数,数据来源于财政部 <http://www.mof.gov.cn/index.htm>。

2015年的74.99%下降至2016年的70.36%。2016以来电价附加征收标准保持不变,征收率整体呈现增长趋势。总体看来,2012—2020年平均征收率为68.93%,并且每年平均有247亿元的可再生能源电价附加收入漏出,征收率较低。这导致中国电价累计补贴缺口增大,财政负担不断加重。

4.2.2 可再生能源电价附加收入预测分析

为了计算可再生能源电价附加收入理论征收额,本文基于2016—2020年第二、三产业用电量和城乡居民用电量,运用MATLAB软件进行灰色预测,预测结果见图3。从图3中可以看出,2020—2030年中国第二、三产业用电量和城乡居民用电量均呈现上升趋势,其中第二产业用电量和城乡居民用电量增长相对平稳,第三产业用电量增长不断加速,尤其是在2023年以后增速加快,反映出中国产业结构在不断优化,第三产业规模在持续增大。

2020年中国可再生能源电价附加征收标准为0.019元/kW·h,电价附加收入征收率为76.59%,本文假设2021—2030年期间二者保持不变。根据社会用电量的预测结果和可再生能源电价附加征收

标准,可计算出2021—2030年可再生能源电价附加收入理论征收额,其乘以电价附加收入征收率76.59%可得到可再生能源电价附加收入实际征收额(表5)。2021—2030年社会用电量持续增加,可再生能源电价附加收入理论征收额和实际征收额呈现不断增大趋势,2030年两者分别达到2118亿元和1622亿元,年均增长率均达到6.07%。

4.3 可再生能源电价补贴收支平衡分析

本文根据可再生能源电价理论补贴和可再生能源电价附加收入实际征收额来确定电价补贴实现收支平衡的年度。电价补贴总额等于2019年累计补贴缺口3000亿元加上图1的电价理论补贴而获得。图4反映可再生能源电价补贴总额和可再生能源电价附加收入实际征收额的变动情况。随着中国发电量和用电量的增大,电价补贴总额和电价附加收入实际征收额都呈现递增趋势,电价附加收入实际征收额的增长速度大于电价补贴总额。根据预测,2024年中国仍存在447.37亿元补贴缺口,2025年实现电价补贴的收支平衡,并有253.47亿元的补贴盈余。通过核算2025—2030年中国可再生能源电价补贴盈余总计为15327亿元。

中国可再生能源将在2025年实现电价补贴收支平衡,偿还全部电价累计补贴拖欠,并且出现补贴盈余,2026年以后补贴盈余不断增大(图4)。假设2026年可再生能源电价理论补贴得到了全部支付,不存在补贴盈余,即可再生能源电价理论补贴等于可再生能源电价附加收入实际征收额,测算出2026年电价附加征收标准只需征收0.0070元/kW·h就可实现可再生能源电价补贴收支平衡。依此类推,2027—2030年可再生能源电价附加征收标准分别征收0.0065元/kW·h、0.0059元/kW·h、0.0053元/kW·h和0.0049元/kW·h,就能实现可再生能源电价补贴收支平衡。因此,从2026年开始政府可以适当下调可再生能源电价附加征收标准,降低社会用电成本。

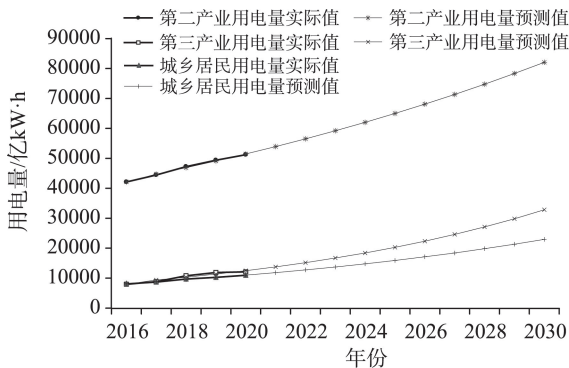


图3 2016—2030年第二、三产业用电量和城乡居民用电量实际值和预测值

Figure 3 Actual and predicted value of electricity consumption of urban and rural residents and the secondary and tertiary industries, 2016-2030

表5 2021—2030年可再生能源电价附加收入理论征收额和实际征收额预测值(亿元)

Table 5 The predicted value of the theoretical and practical levies of additional tariff income for renewable energy electricity price, 2021-2030

(100 million yuan)

年度	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
理论征收额	1246	1320	1398	1481	1570	1666	1768	1877	1993	2118
实际征收额	954	1011	1071	1135	1203	1276	1354	1437	1527	1622

2021年9月

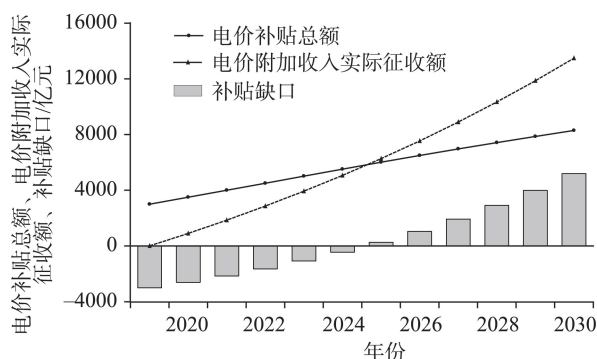


图4 2019—2030年电价补贴收支平衡情况

Figure 4 Revenue and expenditure balance of electricity price subsidies, 2019-2030

5 结论和建议

5.1 结论

在2021年取消新增可再生能源电价补贴的背景下,本文对电价补贴收支平衡进行预测分析,得到以下结论:

(1)根据灰色预测分析,中国可再生能源电价理论补贴于2026年出现拐点,即可再生能源电价理论补贴将从2026年开始下降,直至2039年完成全部可再生能源电价补贴。可再生能源电价补贴于2025年实现收支平衡并有盈余,2026年以后补贴盈余不断增大,显著缓解财政补贴压力。

(2)2025年电价补贴实现收支平衡,从2026年开始可降低电价附加征收标准。考虑到经济波动性和不确定性因素,基于上文测算的电价补贴收支平衡时的附加征收标准,政府可适当减缓其下调幅度,使得电价附加收入在完成当年可再生能源电价补贴后留存一定的补贴盈余支持可再生能源发电企业技术创新,以保障可再生能源发电的稳定性,推进可再生能源规模化发展。

(3)中国可再生能源电价附加收入漏出严重,征收率低是可再生能源电价累计补贴缺口增大的主要原因。本文在76.59%征收率下测算出电价补贴于2025年达到收支平衡。如果能够尽快实现足额征收可再生能源电价附加收入,将提前实现电价补贴收支平衡,促进可再生能源行业高质量发展。

5.2 建议

基于以上对中国可再生能源电价补贴收支平衡情况的分析,本文提出以下对策建议。

(1)合理调整电价附加征收标准,优化分配电

价补贴盈余。为减轻用电企业经营负担,降低企业用电成本,政府可在实现电价补贴收支平衡后逐步下调可再生能源电价附加征收标准,建议2026—2030年每年下调0.002元/kW·h,2031—2038年每年下调0.001元/kW·h,这样可保证每年都留存一定的补贴盈余。择优分配电价补贴盈余,通过大数据、云计算等数字技术高效、智能地把可再生能源补贴盈余用于可再生能源研发与技术创新,提高补贴盈余利用效率。对于研发能力强、电价低的项目给予更多的资金分配,以此激励企业技术创新,降低发电成本,提高可再生能源企业获利空间。对于青海、新疆和西藏等可再生能源丰富地区,支持储能技术创新,加大储能建设,促进可再生能源的消纳和电网稳定。

(2)加快可再生能源行业数字化转型,促进电价附加收入足额征收。可再生能源行业要积极融合数字技术形成智慧化、综合化数字能源系统,实现对可再生能源生产端和消费端可视化,跟踪电力需求、用电情况和用电价格,以便对发电企业更好进行监管,从而有效提高可再生能源电价附加收入征收率。政府应逐步取消交叉补贴,引导自备电厂合理发展,确保电网企业对自备电厂的附加征收权利,进行统一规划应收尽收,加大可再生能源法执行力度,加强征收监管,最大限度提高可再生能源电价附加收入征收额。

(3)发行债券募集补贴资金,推进绿色电力证书交易机制。根据测算,中国可再生能源电价补贴于2025年才能实现收支平衡,因此政府可借助外力加速补贴缺口转正,可以考虑国家电网等作为债券发行主体,发行“政府支持债券”或“政府支持机构债券”,通过市场化融资方式募集长期限、低成本资金支持可再生能源发展。一方面,为解决可再生能源电价补贴资金缺口,政府应大力推行绿色电力证书交易政策,通过完善绿证交易机制,鼓励市场进行一定规模的交易,形成合理绿证价格。另一方面,鼓励民间资本对可再生能源企业投资,以获取可再生能源绿色证书,增加可再生能源绿色电力证书在交易市场的流动性,为可再生能源企业与民间资本提升利润空间。同时,完善可再生能源法,保障投资者的利益。

本文研究存在的不足和下一步研究方向如下:

①本文的预测分析是在可再生能源电价附加征收标准为0.019元/kW·h,电价附加收入征收率为76.59%的假设下进行,没有考虑二者的变化,需要进一步研究降低可再生能源电价附加征收标准和提高电价附加收入征收率直至足额征收情况下的电价补贴收支平衡问题。②2020年,中国提出2030碳达峰和2060碳中和目标,各发电集团将大幅度增加可再生能源电力建设规模,势必对中国电力供应结构和电力产业链效益产生深远影响。因此,如何合理设计电价补贴机制和市场化机制,促进可再生能源高质量发展需要下一步深入研究。

参考文献(References):

- [1] Du Y M, Takeuchi K. Does a small difference make a difference? Impact of feed-in tariff on renewable power generation in China [J]. *Energy Economics*, 2020, DOI: 10.1016/j.eneco.2020.104710.
- [2] 赵彦云, 李倩. 风电上网电价政策地区差异及其产业效应[J]. *资源科学*, 2021, 43(1): 12-22. [Zhao Y Y, Li Q. Regional difference and industrial effects of wind power feed-in-tariff policy[J]. *Resources Science*, 2021, 43(1): 12-22.]
- [3] 郭炜煜, 赵新刚, 冯霞. 固定电价与可再生能源配额制: 基于中国电力市场的比较[J]. *中国科技论坛*, 2016, (9): 90-97. [Guo W Y, Zhao X G, Feng X. Comparative analysis of feed-in tariff and renewable portfolio standards: The power market in China[J]. *Forum on Science and Technology in China*, 2016, (9): 90-97.]
- [4] 吴力波, 孙可驾, 陈亚龙. 不完全竞争电力市场中可再生能源支持政策比较[J]. *中国人口·资源与环境*, 2015, 25(10): 53-60. [Wu L B, Sun K G, Chen Y L. A comparison of renewable energy policies in imperfect competition electricity market[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2015, 25(10): 53-60.]
- [5] 黄涛珍, 商波. 可再生能源配额考核监管与主体行为策略选择[J]. *资源科学*, 2020, 42(12): 2393-2405. [Huang T Z, Shang B. Assessment and supervision of renewable portfolio standards and strategic selection of stakeholders[J]. *Resources Science*, 2020, 42(12): 2393-2405.]
- [6] 余杨, 李传忠. 绿证交易、发售电配额制与可再生能源财税减负效应[J]. *中国人口·资源与环境*, 2020, 30(2): 80-88. [Yu Y, Li C Z. Green certificate trading, renewable portfolio standard and tax burden reduction[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2020, 30(2): 80-88.]
- [7] Zhang Q, Wang G, Li Y, et al. Substitution effect of renewable portfolio standards and renewable energy certificate trading for feed-in tariff[J]. *Applied Energy*, 2018, 227: 426-435.
- [8] Zhao X G, Wu L, Zhou Y. How to achieve incentive regulation under renewable portfolio standards and carbon tax policy? A China's power market perspective[J]. *Energy Policy*, 2020, DOI: 10.1016/j.enpol.2020.111576.
- [9] Gelan A. Economic and environmental impacts of electricity subsidy reform in Kuwait: A general equilibrium analysis[J]. *Energy Policy*, 2018, 112: 381-398.
- [10] 严静, 张群洪. 中国可再生能源电价补贴及对宏观经济的影响[J]. *统计与信息论坛*, 2014, 29(10): 46-51. [Yan J, Zhang Q H. China renewable energy prices subsidies and its macro economics [J]. *Journal of Statistics and Information*, 2014, 29(10): 46-51.]
- [11] 徐晓亮, 许学芬. 能源补贴改革对资源效率和环境污染治理影响研究: 基于动态CGE模型的分析[J]. *中国管理科学*, 2020, 28(5): 221-230. [Xu X L, Xu X F. The impacts of China's energy subsidies on resource efficiency and environmental pollution control[J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2020, 28(5): 221-230.]
- [12] Nicolini M, Tavoni M. Are renewable energy subsidies effective? Evidence from Europe[J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017, 74: 412-423.
- [13] Wang X Z, Zheng Y, Jiang Z H, et al. Influence mechanism of subsidy policy on household photovoltaic purchase intention under an urban-rural divide in China[J]. *Energy*, 2021, 220: 119750.
- [14] Lin B Q, Luan R R. Do government subsidies promote efficiency in technological innovation of China's photovoltaic enterprises? [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2020, DOI: 10.1016/j.energy.2020.119750.
- [15] Liu D N, Liu M G, Xu E F, et al. Comprehensive effectiveness assessment of renewable energy generation policy: A partial equilibrium analysis in China[J]. *Energy Policy*, 2018, 115: 330-341.
- [16] 北京大学国家发展研究院能源安全与国家发展研究中心, 中国人民大学经济学院能源经济系联合课题组. 关于中国风电和光伏发电补贴缺口和大比例弃电问题的研究[J]. *国际经济评论*, 2018, (4): 67-85. [United Research Group of China Center for Energy and Development at the National School of Development, Peking University, and Department of Energy Economics at the School of Economics, Renmin University of China. Subsidy crisis and large-scale curtailment of wind and solar power in China[J]. *International Economic Review*, 2018, (4): 67-85.]
- [17] 黄珺仪. 可再生能源发电产业电价补贴机制研究[J]. *价格理论与实践*, 2016, (2): 95-98. [Huang J Y. Research on mechanism and policy of electricity price subsidy for renewable energy generation industry[J]. *Price: Theory and Practice*, 2016, (2): 95-98.]
- [18] 程承, 王震, 刘慧慧, 等. 执行时间视角下的可再生能源发电项目激励政策优化研究[J]. *中国管理科学*, 2019, 27(3): 157-167. [Cheng C, Wang Z, Liu H H, et al. Study on the optimization of investment incentive policies for renewable energy projects—from a perspective of execution time[J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2019, 27(3): 157-167.]

- [19] Tang S L, Zhou W B, Li X J, et al. Subsidy strategy for distributed photovoltaics: A combined view of cost change and economic development[J]. *Energy Economics*, 2021, DOI: 10.1016/j.eneco.2020.105087.
- [20] 王风云. 我国可再生能源电价补贴及优化研究[J]. *学习与探索*, 2020, (3): 95–102. [Wang F Y. Research on renewable energy price subsidy and its optimization in China[J]. *Study and Exploration*, 2020, (3): 95–102.]
- [21] Jia X Y, Du H B, Zou H Y, et al. Assessing the effectiveness of China's net-metering subsidies for household distributed photovoltaic systems[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2020, DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.121161.
- [22] 王思聪. 政府补贴政策演进对光伏发电产业发展影响研究[J]. *价格理论与实践*, 2018, (9): 62–65. [Wang S C. The Evolution of PV subsidy policy and its impacts on PV market in China[J]. *Price: Theory and Practice*, 2018, (9): 62–65.]
- [23] 龚利, 张增凯, 段德忠, 等. 中国化石能源补贴区域分布及改革影响效应研究[J]. *地理科学*, 2019, 39(1): 98–106. [Gong L, Zhang Z K, Duan D Z, et al. Regional distribution of fossil energy subsidies in China and the impact of energy subsidy reform[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2019, 39(1): 98–106.]
- [24] Ouyang X L, Lin B Q. Impacts of increasing renewable energy subsidies and phasing out fossil fuel subsidies in China[J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2014, 37: 933–942.

Revenue and expenditure balance of renewable energy electricity price subsidies based on grey model

WANG Fengyun, CONG Longyuan

(School of Economics and Management, Beijing Institute of Petrochemical Technology, Beijing 102617, China)

Abstract: The huge accumulative gap of electricity price subsidy has caused great pressure on the renewable energy industry and fiscal expenditure. Therefore, there is great practical significance to analyze the revenue and expenditure balance of China's renewable energy price subsidy for its sustainability. Under the background of price subsidy withdrawal, the grey model GM (1,1) was used to predict the electricity consumption of the secondary and tertiary industries and the urban and rural residents. This study calculated the theoretical subsidy of renewable energy electricity price and its additional tariff income, and analyzed the balance of electricity price subsidy. The results show that: (1) The accumulative gap of electricity price subsidy will be closed in 2025. In this year, the renewable energy price subsidy will reach a balance of income and expenditure, and there will be a subsidy surplus of 25.347 billion yuan, after which the surplus of the subsidy will increase continuously. (2) The additional tariff standard of electricity price can be lowered gradually from 2026. It will be reduced by 0.002 yuan per kilowatt-hour annually from 2026 to 2030, and 0.001 yuan per kilowatt-hour annually from 2031 to 2038, until it will be abolished in 2039. (3) The leakage of China's renewable energy electricity price additional tariff income is serious, the levying rate is low, and we should increase the levying rate until the full amount of collection to promote an earlier attainment of electricity price subsidy income and expenditure balance. Finally, suggestions were put forward to promote the high quality development of renewable energy industry from the aspects of adjusting additional tariff standard for electricity price, increasing the levying rate of additional tariff income, raising subsidy funds, and so on.

Key words: renewable energy; electricity price subsidy; the additional tariff income of electricity price; revenue and expenditure balance of subsidies; grey model